

MONOGRAFIE, STUDIA, ROZPRAWY

M53

Czesław Kundera

**PROBLEMY USZCZELNIENÍ
ZESPOŁÓW WIRUJĄCYCH**

Kielce 2013

MONOGRAFIE, STUDIA, ROZPRAWY NR M53

Redaktor Naukowy serii

NAUKI TECHNICZNE – BUDOWA I EKSPLOATACJA MASZYN

prof. dr hab. inż. Stanisław ADAMCZAK, dr h.c.

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Franciszek SIEMIENIAKO

dr hab. inż. Andrzej KORCZAK, prof. PŚ

Redakcja

Irena PRZEORSKA-IMIOŁEK

Projekt okładki

Tadeusz UBERMAN

© Copyright by Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2013

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej pracy nie może być powielana czy rozpowszechniana w jakiegokolwiek formie, w jakikolwiek sposób: elektroniczny bądź mechaniczny, włącznie z fotokopiowaniem, nagrywaniem na taśmy lub przy użyciu innych systemów, bez pisemnej zgody wydawcy.

PL ISSN 1897-2691

Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej
25-314 Kielce, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
tel./fax 41 34 24 581
e-mail: wydawca@tu.kielce.pl
www.tu.kielce.pl/organizacja/wydawnictwo

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	5
Wykaz ważniejszych oznaczeń	9
1. USZCZELNIENIA SZNUROWE	15
1.1. Konstrukcja podstawowa i zasada działania	15
1.2. Obliczenie nacisków stykowych	17
1.3. Model szczelności	23
1.4. Moc tarcia i obliczenia cieplne	32
1.5. Rozwój konstrukcji uszczelnień sznurowych	34
1.5.1. Uszczelnienia sznurowe z wyrównanym obciążeniem pierścieni szczeliwa	35
1.5.2. Dławnica stożkowa	40
1.5.3. Dławnica podatna	45
1.5.4. Dławnica o wyrównanym rozkładzie nacisków stykowych	48
1.6. Sznurowe uszczelnienia czołowe	51
Wykaz literatury	55
2. WZDŁUŻNE USZCZELNIENIA SZCZELINOWE	59
2.1. Wprowadzenie	59
2.2. Przegląd konstrukcji	60
2.3. Model przepływu cieczy przez pierścieniową szczelinę wzdłużną	66
2.3.1. Model geometryczny	67
2.3.2. Równania przepływu i warunki brzegowe	71
2.3.3. Charakterystyki hydrodynamiczne	74
2.4. Dynamika zespołu wirującego	78
2.4.1. Równania ruchu	79
2.4.2. Drgania poprzeczne	84
2.4.2.1. Prędkości krytyczne wirnika	88
2.4.2.2. Ocena stabilności	94
2.4.3. Drgania poprzeczno-kątowe	96
2.5. Charakterystyki pracy uszczelnień z pierścieniem pływającym	103
2.6. Aktywne uszczelnienie z pływającym pierścieniem	107
2.6.1. Metody sterowania	108
2.6.1.1. Sterowanie liniowe	110
2.6.1.2. Sterowanie adaptacyjne	112
2.6.2. Konstrukcja aktywnego uszczelnienia	116
Wykaz literatury	118

3. USZCZELNIENIA CZOŁOWE STYKOWE	121
3.1. Konstrukcja, zasada działania, klasyfikacje	121
3.2. Obliczenia statyczne	128
3.2.1. Obciążenie pierścieni uszczelniających	128
3.2.2. Model styku nierówności	135
3.3. Obliczenia cieplne	142
3.4. Wybrane przypadki analiz dynamicznych	157
3.4.1. Analiza warunków styku pierścieni uszczelniających	157
3.4.2. Model drgań samowzbudnych	169
3.4.3. Identyfikacja własności pierścieni elastomerowych	178
Wykaz literatury	184
4. BEZSTYKOWE USZCZELNIENIA CZOŁOWE	187
4.1. Klasyfikacja, przegląd konstrukcji i zasady działania	187
4.2. Model przepływu przez szczelinę czołową	197
4.2.1. Model geometryczny	198
4.2.2. Równania przepływu	201
4.3. Dynamika bezstykowego uszczelnienia czołowego	210
4.3.1. Drgania kątowe	217
4.3.2. Drgania osiowe	229
4.4. Czołowe uszczelnienia impulsowe	236
4.4.1. Opis działania	236
4.4.2. Analiza statyczna	241
4.4.3. Charakterystyki dynamiczne	244
4.4.4. Uszczelnienie aktywne	250
Wykaz literatury	253
5. BADANIA EKSPERYMENTALNE AKTYWNEGO USZCZELNIENIA CZOŁOWEGO	257
5.1. Wprowadzenie	257
5.2. Model eksperymentalny uszczelnienia	263
5.3. Opis stanowiska badawczego	265
5.4. Charakterystyki eksperymentalne	268
5.5. Układ sterowania i przykłady jego zastosowania	272
5.6. Nowe propozycje konstrukcji uszczelnień aktywnych	276
Wykaz literatury	280
Streszczenie	283
Summary	285